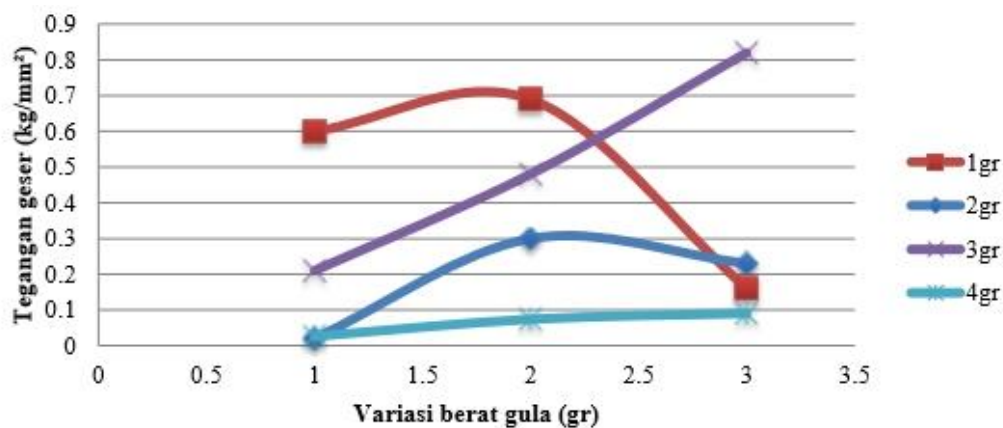


BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Pustaka

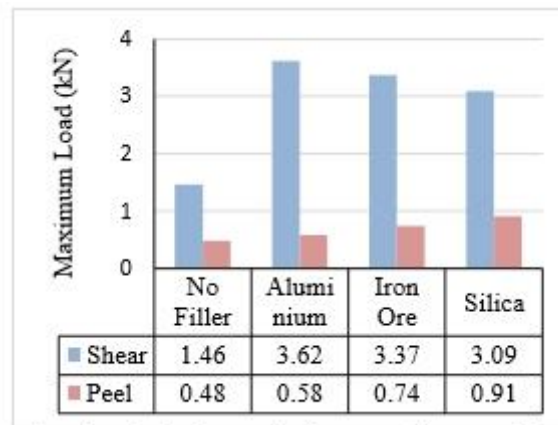
Pada penelitian sebelumnya yang membahas masalah penambahan kadar gula pasir pada sambungan lem epoxy (Jaelani, 2018). Diketahui data hubungan antara variasi kadar gula pasir dengan pertambahan panjang seperti gambar berikut:



Gambar 2.1 Grafik tegangan geser (Jaelani et al., 2018)

Dari grafik dapat dilihat bahwa penambahan serbuk pada lem epoxy akan meningkatkan displacement atau pertambahan panjang pada saat proses pengujian. Namun, displacement tertinggi terjadi saat penambahan pada penambahan variasi di 3gr gula. Hal ini dikarenakan, penambahan 3 gram gula membuat lem epoxy padat dan tidak terlalu kaku. Dibandingkan dengan penambahan gula pasir 1gr, 2gr, dan 4gr. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2, variasi penambahan 4gr gula tegangan geser maupun tegangan tarik yang ditunjukkan pada tabel semua rendah. Hal ini disebabkan oleh variasi gula terlalu banyak. Sehingga menyebabkan lem epoxy terlalu elastis sehingga membuat lem menjadi rapuh.

Pada penelitian (Anam, 2015) menjelaskan tentang penambahan serbuk baik logam dan non logam pada sambungan lem epoxy. Diketahui data hubungan antara variasi serbuk dengan gaya maksimum baik pada pengujian *peeling* maupun *tearing* seperti gambar berikut:



Gambar 2. 2 Beban maksimum pada pengujian peeling dan tearing

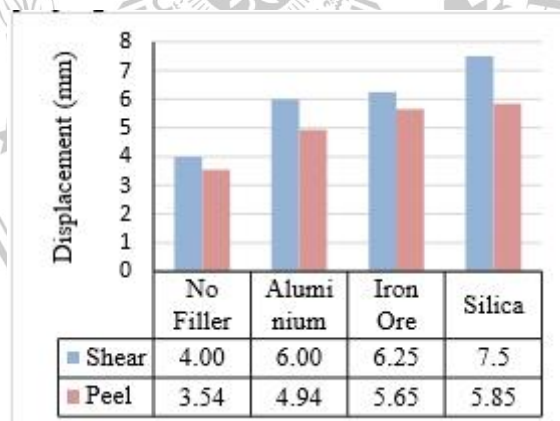
(Anam, 2015)

Gambar 2.2 menunjukkan bahwa penambahan serbuk akan meningkatkan beban maksimum baik pada pengujian *peeling* maupun *tearing*. Hal ini dikarenakan serbuk yang bercampur dengan lem epoxy dapat menghambat adanya perambatan retak saat dilakukan pengujian. Sehingga dibutuhkan gaya yang lebih besar untuk memisahkan dua komponen yang disambung. Pada pengujian *peeling*, penambahan serbuk silika memiliki gaya maksimum yang paling tinggi. Sedangkan pada pengujian *tearing*, penambahan serbuk aluminium memiliki gaya maksimum yang paling tinggi. Gambar 2.2 juga menunjukkan bahwa gaya maksimum pada pengujian *tearing* lebih besar daripada gaya maksimum pada pengujian *peeling*. Hal ini sesuai dengan pemanfaatan lem epoxy lebih cocok untuk komponen yang memiliki gaya geser yang tinggi. Foto makro spesimen pada pengujian *peeling* dengan penambahan serbuk silika ditunjukkan pada Gambar 2.3. Dari gambar terlihat bahwa perilaku rambat retak (patahan) yang terjadi merupakan campuran antara patah *cohesive* dan *adhesive*. Adanya patah campuran pada penambahan serbuk silika menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan serbuk silika akan menghambat laju perambatan retak, sehingga pada pengujian *peeling* gaya maksimumnya paling tinggi.



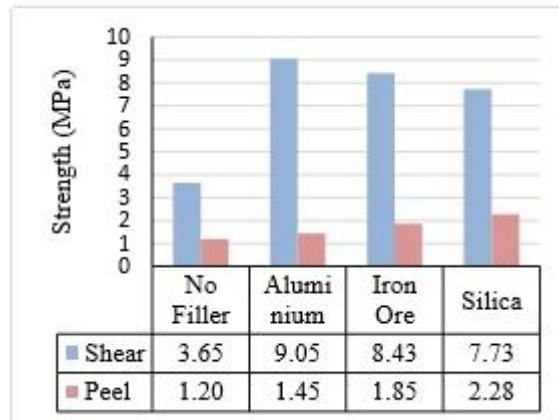
Gambar 2.3 Jenis patahan pada spesimen peeling penambahan serbuk silika (Anam, 2015)

Selain itu, dari hasil penelitian didapatkan data hubungan antara variasi serbuk dengan *displacement* baik pada pengujian *peeling* maupun *tearing* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4. Dari grafik dapat dilihat bahwa penambahan serbuk pada lem epoxy akan meningkatkan *displacement* atau pertambahan panjang pada saat proses pengujian baik *peeling* maupun *tearing*. Namun, *displacement* tertinggi terjadi saat penambahan serbuk silika. Hal ini dikarenakan, penambahan serbuk silika akan membuat lem epoxy lebih lunak dibandingkan dengan penambahan serbuk aluminium dan serbuk besi. Selain itu, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3, patah yang terjadi adalah patah campuran yang mana *delay* pertambahan panjang akan semakin panjang.



Gambar 2.4 Displacement pada pengujian peeling dan tearing (Anam, 2015)

Dari Gambar 2.5 dapat dilihat bahwa material serbuk memiliki pengaruh dalam meningkatkan kekuatan *peel* dan *shear* sambungan lem epoxy. Hal ini dikarenakan material serbuk yang ditambahkan pada lem epoxy akan mengurangi laju perambatan retak yang terjadi pada lem epoxy. Sehingga sehingga perambatan retak harus melewati atau menghancurkan butiran yang bercampur dengan lem epoxy.



Gambar 2.5 Kekuatan peel dan kekuatan shear pada variasi penambahan serbuk (Anam, 2015)

2.2 Pengertian Sambungan

Sambungan adalah hasil penyatuan dari berbagai bagian atau konstruksi dengan menggunakan suatu cara tertentu. Setiap mesin atau konstruksi terbentuk dari macam-macam bagian. Setiap bagiannya dihubungkan satu sama lain, salah satu cara menghubungkan suatu bagian ke bagian yang lain diperlukan memberi sambungan.

2.2.1 Macam – Macam Sambungan

1. Sambungan Tetap

Sambungan tetap adalah sambungan yang bersifat permanen dan hanya dapat dilepas dengan cara merusaknya. Contoh : sambungan *adhesive*, sambungan keling dan sambungan las.

2. Sambungan Tidak Tetap

Sambungan tidak tetap adalah sambungan yang bersifat sementara dapat dilepas tanpa cara merusaknya. Contoh : sambung pasak, sambungan mur dan baut.

2.3 Sambungan Lem (*Adhesive*)

Menurut (Lee, 1991), sambungan *adhesive* atau ikatan perekat adalah proses bergabungnya dua bahan atau lebih bagian bahan padat dengan zat perekat, bahan dari bagian yang akan direkat mungkin sama atau mirip. Bahan lapisan perekat umumnya adalah polimer (alami atau sintetis) dan ketebalan lapisan perekat biasanya tidak melebihi 0.02" atau 0,5mm.

1. *Adhesive* adalah suatu bahan yang digunakan untuk menyatukan atau menyambungkan suatu bahan yang sama ataupun berbeda jenis materialnya, baik itu logam dengan logam, logam dengan kayu, logam dengan karet dan sebagainya.
2. Sambungan *adhesive* adalah penyambungan suatu bahan baik sama maupun berbeda jenis materialnya dengan memanfaatkan kontak permukaan ditambah *adhesive* (lem) sebagai media penyambungannya.

2.3.1 Tipe – tipe *Adhesive*

a. *Adhesive* berdasarkan bentuknya :

- a. Adisif Pasta (*Paste*)
- b. Adisif *tape* (lilitan)
- c. Adisif Cair (*Liquid*)
- d. Adisif Film (Film)
- e. Adisif Pelet (*Pellets*)

2.3.2 Sistem *Adhesive*

Klasifikasi *Adhesive* berdasarkan reaksi kimianya :

1. *Epoxy based system*

Mempunyai kekuatan dan temperature yang tinggi hingga 200⁰C.

2. *Acrylic*

Cocok untuk aplikasi yang lingkungan tidak bersih.

3. *Anaerobic Systems*

Dilakukan saat tidak ada oksigen. Hasil ikatannya keras dan getas.

4. *Cyanoacrylate*

Ikatan yang tipis dan diatur dari 5 – 40 detik.

5. *Urethanes*

Mempunyai kekerasan dan fleksibilitas yang tinggi pada temperature kamar.

6. *Silicones*

Mempunyai resistansi yang tinggi terhadap uap dan pelarut, ketahanan impak yang tinggi.

2.3.3 Karakteristik Beberapa Jenis Adhesive Bonding

Typical Properties and Characteristics of Chemically Reactive Structural Adhesives					
	Epoxy	Polyurethane	Modified acrylic	Cyanoacrylate	Anaerobic
Impact resistance	Poor	Excellent	Good	Poor	Fair
Tension-shear strength, MPa	15–22	12–20	20–30	18.9	17.5
Peel strength*, N/m	<523	14,000	5250	<525	1750
Substrates bonded	Most	Most smooth, nonporous	Most smooth, nonporous	Most non-porous metals or plastics	Metals, glass, thermosets
Service temperature range, °C	–55 to 120	–40 to 90	–70 to 120	–55 to 80	–55 to 150
Heat cure or mixing required	Yes	Yes	No	No	No
Solvent resistance	Excellent	Good	Good	Good	Excellent
Moisture resistance	Good-Excellent	Fair	Good	Poor	Good
Gap limitation, mm	None	None	0.5	0.25	0.60
Odor	Mild	Mild	Strong	Moderate	Mild
Toxicity	Moderate	Moderate	Moderate	Low	Low
Flammability	Low	Low	High	Low	Low

*Peel strength varies widely depending on surface preparation and quality.

Gambar 2.6 Tabel karakteristik jenis adhesive bonding. (WIKINET; Adhesive load induced)

Adhesive bonding juga memiliki beberapa jenis yaitu :

1. *Natural adhesive*

Contoh : zat tepung, flouride, dekstrin, dan yang berasal dari binatang.

2. *Inorganic adhesive*

Contoh : Magnesium oksida dan sodium silikat.

3. *Synthetic organic adhesive*

Contoh : Polimer dan *termo plastic*.

2.3.4 Faktor-faktor yang Menentukan Kekuatan Ikatan Perekat

1. Faktor mekanis menyediakan ikatan adhesi yang kuat karena :

- Luas antar muka yang lebih luas.
- Interlocking* bahan pada permukaan micro-void.

2. Faktor kimia :

1. Ikatan antar ion

Ikatan ion terbentuk ketika sebuah atom menyumbangkan elektron ke atom lain. Sebagai hasil dari transisi elektron, dua ion membentuk (bermuatan positif kation dan anion bermuatan negatif). Kekuatan tarik elektrostatis antara dua ion membentuk ikatan ion. Ikatan ion dapat terbentuk antara dua bahan dengan elektronegativitas yang berbeda.

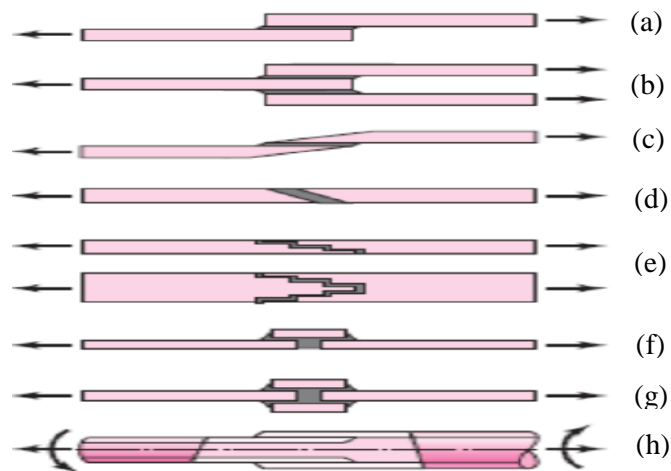
2. Ikatan kimia

Ikatan di mana masing-masing atom logam memberikan kontribusi elektron valensi untuk kisi kristal, membentuk awan elektron atau elektron "gas", sekitar ion logam positif. Elektron bebas milik seluruh logam kristal dan terus bersama-sama atom logam.

Dalam *adhesive bonding* diperlukan proses persiapan permukaan sambungan agar lebih kuat karena terhindar dari debu, pengotor, minyak, atau kontaminasi lainnya. *Adhesive bonding* dapat digunakan untuk logam atau non logam yang sama atau berbeda dengan variasi bentuk, ukuran, ataupun ketebalan yang berbeda. Aplikasi ini yang sering kita jumpai pada otomotif, pesawat, dan kapal (Dharma, 2007).

2.3.5 Distribusi Tegangan

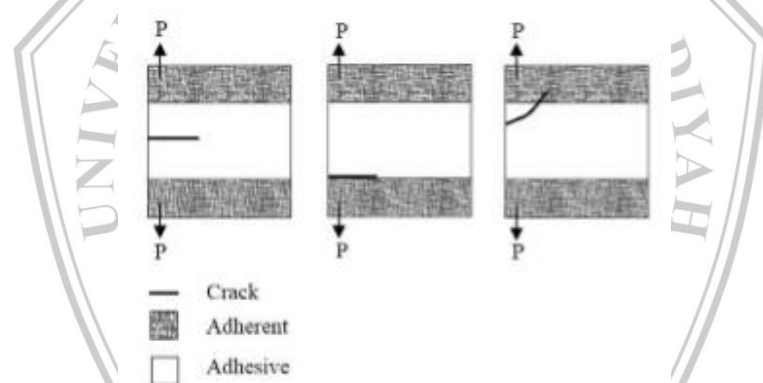
Praktek desain yang baik, biasanya mengharuskan *lap joints* dibangun sedemikian rupa dengan perkiraan perekat akan lebih banyak menerima beban geser daripada tegangan. Area sambungan biasanya jauh lebih kuat ketika dibebani beban geser ketimbang tegangan di piringan sambungan. *Lap shear-joints* mewakili jenis-jenis *lap joints*, baik untuk benda uji, untuk mengevaluasi sifat perekat, dan untuk dimasukkan aktual dalam desain praktis. Jenis generik sendi *lap* yang biasa muncul diilustrasikan pada Gambar 2.7:



Gambar 2.7 Jenis generik sendi lap7 (Adams, 1997)

2.3.6 Kegagalan Ikatan Perekat

Ada beberapa faktor yang bisa berkontribusi pada kegagalan dua permukaan. Jenis kegagalan adalah sebagai berikut:



Gambar 2.8 Kegagalan ikatan perekat (Anam, 2015)

Ada tiga mekanisme kemungkinan kegagalan ikatan perekat :

1. Kegagalan struktural

Kegagalan internal dari bahan substrat di daerah dekat sendi.

2. Kegagalan *Adhesive*

Kegagalan antarmuka mengakibatkan pemisahan salah satu substrat dari lapisan perekat.

3. Kegagalan kohesif

Kegagalan *internal* dari lapisan perekat.

4. Kegagalan *fiber tear*

Terjadi ketika kekuatan perekat merobek *fiber*.

Kegagalan terjadi karena beberapa hal misalnya kandungan *adhesive*, ketebalan *adhesive*, serat, sifat material, waktu pengepresan, dan penekanan.

2.3.7 Kelebihan dan Kekurangan pada Sambungan *Adhesive*

1. Kelebihan sambungan *adhesive* :

- a. Beban merata.
- b. Dapat digunakan untuk menyambung dua bahan yang berbeda dan keadaan dan bentuk apapun.
- c. Dapat diproses pada temperatur yang rendah.
- d. Sebagai isolator panas dan listrik.
- e. Tidak terjadi konsentrasi tegangan.
- f. Tidak terjadi korosi.
- g. Mengurangi berat bagian alat sambungan (Dengan pengelolaan yang tepat).
- h. Kemampuan penyegelan.
- i. Mengurangi banyak perhitungan komponen.
- j. Mengurangi waktu perakitan.

2. Kekurangan sambungan *adhesive* :

- a. Membutuhkan waktu yang lama untuk persiapan dan proses penyatuan sambungan.
- b. Sukar untuk dibuka.
- c. Tahanan panas yang terbatas.
- d. Tahanan kejut yang rendah.
- e. Penggunaan permanen.

2.4 Lem Epoxy

Epoxy pertama kali dirumuskan pada tahun 1930-an di Amerika Serikat dan Swiss, kemudian dilakukan penembangan lebih lanjut. Selanjutnya epoxy diproduksi sebagai perekat atau lem (lem epoxy) pada tahun 1946 dan sebagai pelapis cat pada tahun 1947, kemudian pelapis cat ini semakin dikembangkan kualitasnya dan makin ramah terhadap lingkungan (Dharma, 2007).

Epoxy adalah suatu bahan kimia yang merupakan salah satu jenis resin yang diperoleh dari proses polimerisasi dari epoksida. Epoxy resin bereaksi dengan beberapa bahan kimia lain seperti aniba polifungsi, asam serta fenol dari alkohol, umumnya dikenal sebagai bahan pengeras atau *hardener*. Setelah dicampur, epoxy dan hardener akan berubah dari cair menjadi padat dan menjadi sangat kuat, tahan suhu tinggi dan memiliki ketahanan kimia yang tinggi.

Epoxy adalah resin thermosetting karena bereaksi atau curing dengan menghasilkan panas internal dan mampu membentuk ikatan molekul yang erat dalam stukturcrosslinking polimer.

Epoxy resin mungkin lebih banyak dikenal karena sifat adhesi yang dimilikinya tetapi sangat baik untuk melindungi logam, kayu, baja, beton, kaca, dan beberapa plastik sebagai cat atau *coating* dengan membentuk lapisan yang sangat keras. Epoxy resin juga digunakan untuk menghasilkan cetakan, model, hasil cor dan perlengkapan lainnya. Epoxy resin akan terurai dibawah sinar matahari atau UV. Jika menggunakan epoxy resin pada luar ruangan disarankan untuk menutup lapisan cat epoxy dengan cat polyurethane atau pernis.

2.4.1 Kelebihan dan Kekurangan Lem Epoxy

1. Kelebihan lem epoxy
 - a. Dapat disambungkan dengan material yang berbeda dalam bentuk apapun.
 - b. Penampilan luar suatu ikatan tidak mempengaruhi.
 - c. Dapat dilakukan ditemperatur kamar hingga 200°C.
 - d. Tidak ada distorsi yang signifikan.
 - e. Sangat tipis daerah pada sambungan dan penambahan berat material yang disambungkan sangat kecil.
2. Kekurangan lem epoxy
 - a. Proses ikatan membutuhkan waktu lama.
 - b. Membutuhkan persiapan permukaan.
 - c. Ada batasan temperatur.
 - d. Pada sambungan sulit untuk melakukan tes nondestructive.
 - e. Tingkat kerekatan yang rendah.

2.5 Karbon Aktif

Arang adalah suatu bahan padat berpori yang dihasilkan melalui proses pirolisis dari bahan-bahan yang mengandung karbon (Kinoshita, 1988). Karbon aktif merupakan senyawa amorf yang dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon atau arang yang diperlakukan secara khusus untuk mendapatkan daya adsorpsi yang tinggi. Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan. Daya serap karbon aktif sangat besar yaitu 25-1000% terhadap berat karbon aktif. (Darmawan, 2008) Dalam satu gram karbon aktif, pada umumnya memiliki permukaan seluas 500-1500 m², sehingga sangat efektif dalam menangkap partikel-partikel yang sangat halus berukuran 0,01-0,0000001 mm. karbon aktif bersifat sangat aktif dan akan menyerap apa saja yang kontak dengan karbon tersebut. Dalam waktu 60 jam biasanya karbon aktif tersebut akan menjadi jenuh dan tidak aktif lagi. Oleh karena itu biasanya karbon aktif dikemas dalam kemasan kedap udara.

Ada tiga jenis karbon aktif yang banyak dipasarkan yaitu:

1. Bentuk serbuk karbon aktif

Berbentuk serbuk dengan ukuran lebih kecil dari 0,18mm. terutama digunakan pada industri pengolahan air minum, industri farmasi, terutama untuk pemurnian monosodium glutamate, bahan tambahan makanan, penghilang warna asam furan, pengolahan pemurnian jus buah, penghalus gula, pemurnian asam sitrat, asam tartarik, pemurnian glukosa dan pengolahan zat pewarna kadar tinggi.

2. Bentuk *granular* karbon aktif

Bentuk granular/ tidak beraturan dengan ukuran 0,2-5 mm. jenis ini umumnya digunakan dalam aplikasi fasa cair dan gas. Beberapa aplikasi dari jenis ini digunakan untuk : pemurnian emas, pengolahan air, air limbah dan air tanah, pemurni pelarut dan penghilang bau busuk.

3. Bentuk pellet karbon aktif

Berbentuk pellet dengan diameter 0,8-5 mm. kegunaan utamanya adalah untuk aplikasi fasa gas karena mempunyai tekanan rendah,

kekuatan mekanik tinggi dan kadar abu rendah. Digunakan untuk pemurnian udara, kontrol emisi, tromol otomotif, penghilang bau kotoran dan pengontrol emisi pada gas buang.

2.5.1 Sifat karbon aktif

Sifat adsorpsi karbon aktif sangat tergantung pada porositas permukaannya, namun dibidang industri, karakterisasi karbon aktif lebih difokuskan pada sifat adsorpsi dari pada struktur porinya. Bentuk pori bervariasi yaitu berupa: silinder, empat persegi panjang, dan bentuk lain yang tidak teratur. Syarat Mutu karbon aktif dapat dilihat pada gambar 2.9 berikut ini

Tabel 1. Syarat Mutu Karbon Aktif SNI 06 – 3730 – 1995

No.	Uraian	Satuan	Persyaratan	
			Butiran	Serbuk
1	Bagian yang hilang pada pemanasan 950 °C	%	Max 15	Max 25
2	Kadar air	%	Max 4,5	Max 15
3	Kadar abu	%	Max 2,5	Max 10
4	Daya serap terhadap larutan I ₂	mg/gram	Min 750	Min 750
5	Karbon aktif murni	%	Min 80	Min 65

(Sumber : Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah, LIPI 1997)

Gambar 2.9 Tabel syarat mutu karbon aktif(Nailul, 2009)

Gugus fungsi dapat terbentuk pada karbon aktif ketika dilakukan aktivasi, yang disebabkan terjadinya interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom seperti oksigen dan nitrogen, yang berasal dari proses pengolahan ataupun atmosfer. Gugus fungsi ini menyebabkan permukaan karbon aktif menjadi reaktif secara kimiawi dan mempengaruhi sifat adsorpsinya. Oksidasi permukaan dalam produksi karbon aktif, akan menghasilkan gugus hidroksil, karbonil, dan karboksilat yang memberikan sifat amfoter pada karbon, sehingga karbon aktif dapat bersifat sebagai asam maupun basa (Sudirjo, 2006).

2.5.2 Tempurung Kelapa sebagai Bahan Baku Karbon Aktif

Tempurung kelapa merupakan salah satu bagian dari produk pertanian yang memiliki nilai ekonomis tinggi yang dapat dijadikan sebagai basis usaha. Produk-produk hasil olahan tempurung kelapa ini diantaranya yaitu *Bio-oil*,

liquid smoke (asap cair), karbon aktif, tepung tempurung, dan kerajinan tangan. Arang tempurung kelapa dimanfaatkan sebagai bahan baku di pabrik karbon aktif, industri briket, dan bahan bakar langsung. Arang tempurung kelapa ini telah diekspor ke berbagai negara dalam bentuk briket (bahan bakar). Penelitian mengenai arang aktif tempurung kelapa telah dilaporkan oleh (Abdurrohim, 2003) yang membandingkan karakteristik arang aktif yang terbuat dari tempurung kelapa, tempurung kelapa sawit, serbuk kayu dan tandan kelapa sawit yang aktivasi pada suhu 900°C selama ± 30 menit dengan dialiri uap air dengan perlakuan perendaman dalam NaOH 1% dan tanpa perendaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tempurung kelapa memiliki sifat arang yang terbaik yaitu memiliki kadar karbon terikat yang tinggi, kadar zat terbang dan kadar abu rendah dibandingkan dengan ketiga bahan lainnya. Selain itu, arang aktif tempurung kelapa memiliki daya adsorb terhadap benzena, tertinggi sehingga cocok digunakan untuk mengadsorb gas. Sebagaimana yang telah dinyatakan sebelumnya, kualitas arang aktif tergantung dari jenis bahan baku, teknologi pengolahan, cara dan ketepatan penggunaannya.

2.5.3 Penggunaan Karbon Aktif

Pada umumnya karbon/arang aktif digunakan sebagai bahan pembersih, dan penyerap, juga digunakan sebagai bahan pengemban katalisator. Pada industri karet ban arang aktif yang mempunyai sifat radikal dan serbuk sangat halus, digunakan sebagai bahan aditif kopolimer. Pemakaian arang aktif pada berbagai industri diantaranya adalah:

1. Industri makanan Untuk menyaring dan menghilangkan warna, bau, dan rasa tidak enak pada makanan.
2. Industri Pengolahan Air Minum Untuk menghilangkan bau, warna, rasa yang tidak enak, gas-gas beracun, zat pencemar air dan sebagai pelindung resin pada pembuatan demineralis water.
3. Industri minuman Menghilangkan warna, bau dan rasa yang tidak enak.
4. Industri obat Menyaring dan menghilangkan warna dan senyawa senyawa yang tidak diinginkan.

5. Industri Pengolahan Limbah Cair Membersihkan air buangan dari pencemar warna, bau, zat beracun, dan logam berat. Mengambil Gas Polutan (*pollutant remover*): Menghilangkan gas beracun, bau busuk, asap, uap air raksa, uap benzen dan lain-lain.
6. Industri Plastik Sebagai katalisator, pengangkut vinil klorida dan vinil asetat.
7. Industri Gas Alam Cair (LNG) Desulfurisasi, penyaringan berbagai bahan mentah dan reaksi gas.
8. Industri Refinery Zat perantara dan penyaringan bahan mentah.
9. Industri Pengolahan Emas dan Mineral Pemurnian, uap merkuri dan menyerap pulutan.
10. Mendaur Ulang Pelarut Mengambil kembali berbagai pelarut, sisa methanol, ethanol, Etil asetat dan lainlain.
11. Industri Perikanan Pemurnian, menghilangkan bau dan warna.
12. Industri Gula dan Glukosa Selain menghilangkan warna, bau, dan rasa yang tidak enak, juga mempunyai kemampuan yang sangat baik untuk menyerap senyawa nitrogen dan lyophilic koloids yang akan membantu menyempurnakan proses penyaringan dan akan mengurangi busa yang timbul pada proses penguapan, sehingga akan mempercepat proses kristalisasi gula.
13. Industri Minyak Goreng Karbon aktif dicampur dengan bleaching earth sangat efektif dan ekonomis untuk menghilangkan peroksida,zat warna, rasa, dan bau yang tidak enak akibat proses sponifikasi.
14. Industri Karet Karbon aktif yang diproduksi secara khusus dari bahan minyak bumi fraksi minyak bakar akan dihasilkan karbon aktif yang mempunyai mesh halus dan memiliki komponen karbon bebas radikal sehingga dapat dipakai sebagai bahan pembuat polimer karet alam menjadi karet yang kuat dan ulet, seperti karet ban mobil, karet untuk seal dan lain-lain.

2.6 Pelat Baja

Pelat baja adalah lembaran baja yang ketebalannya relatif kecil dibandingkan ukuran panjang dan lebar lembarnya. Lembaran baja setelah dirol

mempunyai sifat-sifat yang mudah dilas dan dibentuk. Dalam konstruksi baja, plat baja banyak digunakan untuk konstruksi jembatan. Pelat baja ST 37 merupakan bahan bangunan yang sangat kuat dan liat dengan struktur butir yang halus, dan dapat dilakukan pengerjaan dalam keadaan panas maupun pengerjaan dingin. Arti dari ST itu sendiri adalah singkatan dari *Steel* (baja) sedangkan angka 37 berarti menunjukkan batas minimum untuk kekuatan tarik 37 kg/mm^2 .

Baja merupakan logam paduan dengan besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduannya. Kandungan karbon pada baja berkisar 0.2% hingga 2.1% berat sesuai gradanya. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur pengeras dengan mencegah dislokasi bergeser pada sisi kristal (crystal lattice) atom besi. Unsur paduan lainnya yang biasa ditambahkan yaitu mangan, krom, vanadium, dan tungsten. Dengan memvariasikan karbon dan unsur paduan lainnya, maka berbagai jenis kualitas baru bisa didapatkan. Penambahan karbon pada baja dapat meningkatkan kekerasan (*hardness*) dan kekuatan tariknya (*tensile strength*), namun membuat baja menjadi getas dan menurunkan keuletan.

2.7 Tegangan

Tegangan dan regangan adalah konsep yang penting dalam peninjauan baik kekuatan maupun kekakuan. Keduanya merupakan konsekuensi yang tidak dapat dipisahkan dari bekerjanya suatu beban terhadap suatu bahan struktur. Menurut (J. MacDonald, 2019) Tegangan dapat dianggap sebagai sebuah energi yang menahan beban, tegangan adalah gaya dalam dibagi dengan luas penampang di mana gaya itu bekerja. Oleh karena itu, tegangan adalah gaya dalam per satuan luas penampang. Dalam kegiatan sambungan adhesive untuk memperoleh sistem perekatan ini dikenal sebagai analisis tegangan geser sambungan. Tegangan (σ) dalam suatu elemen mesin adalah besarnya gaya yang bekerja tiap satuan luas penampang. Tegangan dapat diketahui dengan melakukan pengujian dan besarnya kekuatan sangat tergantung pada jenis material yang diuji bahan yang umumnya digunakan adalah baja (*steel*).

2.7.1 Macam – Macam Tegangan

Tegangan terjadi akibat tekanan, tarikan dan reaksi. Pada pembebanan tarik terjadi tegangan tarik, pada pembebanan tekan terjadi tegangan tekan, dan sebagainya. Berikut macam – macam tegangan :

1. Tegangan Normal

Gaya internal yang bekerja pada sebuah potongan dengan luasan yang sangat kecil akan bervariasi baik besarnya maupun arahnya. Pada umumnya gaya-gaya tersebut berubah-ubah dari suatu titik ke titik yang lain, umumnya berarah miring pada bidang perpotongan (León Singer & Pytel, 2019). Dalam praktek keteknikan intensitas gaya diuraikan menjadi tegak lurus dan sejajar dengan irisan. Tegangan normal adalah intensitas gaya yang bekerja normal (tegak lurus) terhadap irisan yang mengalami tegangan, dan dilambangkan dengan ζ (sigma). Persamaan tegangan normal dituliskan sebagai berikut (Dieter, 1998) :

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Dimana :

σ = Tegangan (N/m^2)

F = Gaya yang diberikan (N)

A = Luas penampang (m^2)

2. Tegangan Geser

Menurut (Gere & Timoshenko, 1997) Tegangan geser merupakan tegangan yang bekerja dalam arah tangensial terhadap penampang. Tegangan geser bekerja dengan dua gaya yang berlawanan arah, tegak lurus sumbu batang, tidak segaris gaya namun pada penampangnya tidak terjadi momen. Tegangan ini banyak terjadi pada konstruksi, contohnya sambungan pasak sambungan las dan sambungan baut. Persamaan tegangan geser dituliskan sebagai berikut (Dieter, 1998) :

$$\tau_g = \frac{F}{A}$$

Dimana :

τg = Tegangan geser (N/m^2)

F = Gaya yang diberikan (N)

A = Luas penampang (m^2)

Tegangan geser diasumsikan menyebar merata pada seluruh bidang geser menunjukkan rata-rata tegangan geser diseluruh bidang geser. Macam - macam beban yang menyebabkan terjadinya tegangan geser adalah sebagai berikut :

a. Gaya Geser

Gaya geser kebanyakan memutar material searah jarum jam dan bekerja kebagian kebawah. Gaya geser ada dua macam yaitu gaya geser tunggal dan gaya geser ganda.

b. Momen Puntir

Puntir adalah suatu kondisi yang dialami oleh suatu benda, dimana terjadi akibat adanya gaya yang bekerja berlawanan arah terhadap kedua ujungnya. Bila material mendapatkan beban puntir, maka antara suatu penampang lintang dengan penampang lintang yang lain akan mengalami pergeseran.

3. Tegangan Tarik

Tegangan tarik adalah tegangan internal yang dikerahkan oleh material untuk menahan aksi dari gaya luar, dimana gaya luar tersebut tegak lurus dengan luas penampang dan cenderung untuk memutuskan menjadi dua bagian, contoh pada bracket konstruksi gantung. Persamaan tegangan tarik dituliskan sebagai berikut (Dieter, 1998):

$$\sigma t = \frac{F}{A} = \frac{F_a}{A}$$

Dimana :

σt = Tegangan tarik (N/m^2)

F = Gaya yang diberikan (N)

A = Luas penampang (m^2)